

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-5849

(P2003-5849A)

(43)公開日 平成15年1月8日(2003.1.8)

(51)Int.Cl.  
G 0 5 F 1/67  
H 0 1 L 31/04

識別記号

F I  
G 0 5 F 1/67  
H 0 1 L 31/04

テ-マ-ト\*(参考)  
A 5 F 0 5 1  
K 5 H 4 2 0

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2001-193392(P2001-193392)

(22)出願日 平成13年6月26日(2001.6.26)

(71)出願人 593063161

株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ

東京都港区芝浦三丁目4番1号

(72)発明者 濱高 龍之

東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社  
エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ内

(72)発明者 松島 敏雄

東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社  
エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ内

(74)代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

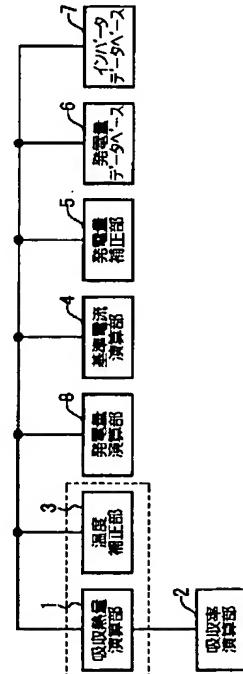
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 太陽電池発電システムシミュレータ

(57)【要約】

【課題】 太陽電池の発電量を発散せずに、正確な太陽電池モジュールの温度に基づくシミュレーションが可能な太陽電池発電量シミュレータを提供する。

【解決手段】 基準電流演算部4は、日射エネルギーが $1\text{ kW}/\text{m}^2$ のときの各温度における発電量を求める場合、日射エネルギーを $1\text{ kW}/\text{m}^2$ とし、太陽電池温度を $25^\circ\text{C}$ としてI-Vカーブを求める。すなわち、基準電流演算部4は、上述した基準状態において、電圧値毎の発電電流Iを算出する。このとき、日射エネルギーは、発電量のシミュレーションを行う季節の標準的な日に対応して、データベース6に蓄積されている値を用いる。発電量補正部5は、温度により上記発電電流を補正する補正式を用いて、上記IVカーブにおける発電電流と電圧とを、シミュレーションを行う温度に対応して補正する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 周囲の環境に対応した太陽電池発電システムの発電量を演算する太陽電池発電システムシミュレータにおいて、

基準温度と評価したい日射エネルギーに基づき、出力電圧毎に太陽電池の発電電流を演算する温度基準値演算手段と、

評価したい周囲温度、太陽電池に当たる風の風速及び前記日射エネルギーにより太陽電池の温度を求める温度算出手段と、

この温度に基づいて前記発電電流及び前記出力電圧を補正する発電量補正演算手段と、

前記太陽電池発電システムに用いるインバータの変換効率を、このインバータの種類毎に記憶するインバータデータベースと、

前記補正された発電電流及び出力電圧と、インバータデータベースに記憶された前記変換効率に基づいて、太陽電池発電システムの予測発電量を演算する発電量演算部と、

前記予測発電量を太陽電池の種類毎に対応して記憶する発電量データベースとを具備することを特徴とする太陽電池発電システムシミュレータ。

【請求項2】 前記温度算出手段が、前記周囲温度、前記風速及び入射エネルギーにより求められる太陽電池の温度を、太陽電池の発電電流により発生するジュール熱を用いて補正することを特徴とする請求項1記載の太陽電池発電量シミュレータ。

【請求項3】 前記温度算出手段が、前記ジュール熱により補正した吸収率を用いて、前記日射エネルギーにより発生する熱量の演算を行うことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の太陽電池発電システムシミュレータ。

【請求項4】 前記温度算出手段が、季節毎の平均的な周囲温度、風速及び入射エネルギーに基づき、季節毎に演算されることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載の太陽電池発電システムシミュレータ。

【請求項5】 周囲の環境に対応した太陽電池の発電量を演算する太陽電池発電量の演算方法において、

基準温度と評価したい日射エネルギーに基づき、出力電圧毎に太陽電池の発電電流を演算する温度基準値演算過程と、

評価したい周囲温度、太陽電池に当たる風の風速及び前記日射エネルギーにより太陽電池の温度を求める温度算出過程と、

この温度に基づいて前記発電電流及び前記出力電圧を補正する発電量補正演算過程と、

前記太陽電池発電システムに用いるインバータの変換効率を、このインバータの種類毎にインバータデータベースへ記憶させる変換効率記憶過程と、

前記補正された発電電流及び出力電圧と、インバータデ

50

2

ータベースに記憶された前記変換効率に基づいて、太陽電池発電システムの予測発電量を演算する発電量演算過程と、

太陽電池の種類毎に対応して、前記予測発電量を発電量データベースに記憶させる発電量記憶過程とを有することを特徴とする太陽電池発電システム発電量の演算方法。

【請求項6】 前記温度算出過程において、前記周囲温度、前記風速及び入射エネルギーにより求められる太陽電池の温度を、太陽電池の発電電流により発生するジュール熱を用いて補正されることを特徴とする請求項5記載の太陽電池発電システム発電量の演算方法。

【請求項7】 請求項1から請求項4の太陽電池発電システムシミュレータを動作させ、太陽電池の発電量を演算する太陽電池発電システムの発電量演算プログラムであって、

基準温度と評価したい日射エネルギーに基づき、出力電圧毎に太陽電池の発電電流を演算する温度基準値演算処理と、

評価したい周囲温度、太陽電池に当たる風の風速及び前記日射エネルギーにより太陽電池の温度を求める温度算出処理と、

この温度に基づいて前記発電電流及び前記出力電圧を補正する発電量補正演算処理と、

前記太陽電池発電システムに用いるインバータの変換効率を、このインバータの種類毎にインバータデータベースへ記憶させる変換効率記憶処理と、

前記補正された発電電流及び出力電圧と、インバータデータベースに記憶された前記変換効率に基づいて、太陽電池発電システムの予測発電量を演算する発電量演算処理と、

太陽電池の種類毎に対応して、前記予測発電量を発電量データベースに記憶させる発電量記憶処理とを有することを特徴とする太陽電池発電システムの発電量演算プログラム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、太陽電池出力及びインバータ変換効率の各々のデータベースのデータに基づき、住宅や事業所など設置される太陽電池発電システムの発電量をシミュレーションする太陽電池システム特性シミュレータに係わるものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、石油の消費を削減し、環境に対してクリーンな電気エネルギーを得ようと、エネルギーの多様化と分散とが行われ始めている。その中でも、再生可能エネルギーとしての太陽光発電において、太陽電池を用いた発電が、太陽電池の日射エネルギーを電気エネルギーへ変換する変換効率の向上が進んでいるため、特に盛んに住宅や事業所等の施設で用いられるようになっ

ている。

【0003】すなわち、変換効率が向上したため、小型・軽量化が進み、住宅でも簡易に施設可能となって来ていることが、使用の伸びる要因と考えられる。そこで、各住宅や事業所等に太陽電池発電システムを設置する場合に、あらかじめ太陽電池の出力容量と、インバータの変換効率とに基づき、住宅及び事業所各自に必要な電力を満足させるために必要な太陽電池発電システムの発電量を、太陽電池発電システムにより演算し、太陽電池発電システムの構成を決定する必要がある。このとき、太陽電池データベース、インバータデータベースに各々格\*

$$I = I_{ph} - I_o(\exp((V+IR_s)/a) - 1) - (V+IR_s)/R_{sh}$$

ここで、 $I_{ph}$ は入射エネルギーに対応した光誘起電流であり、 $V$ は太陽電池電圧であり、 $I_o$ は逆方向飽和電流であり、 $I$ は太陽電池の発電電流であり、 $R_s$ はモジュール抵抗（の抵抗値）であり、 $R_{sh}$ は漏れ抵抗（の抵抗値）である。

【0005】すなわち、太陽電池の出力する電流は、日射エネルギーにより発生する光電流  $I_{ph}$  と、P-N接合で構成されたダイオードデバイスであるために逆方向に流れれるダイオード電流  $I_o(\exp((V+IR_s)/a) - 1)$ 、P-N ≈

$$a = (T_c \times ar) / T_{cr}$$

ここで、 $T_c$ は太陽電池モジュールの温度であり、 $ar$ 及び $T_{cr}$ はデータベースに蓄積された特性値であり、太陽電池のモジュールが  $25^{\circ}\text{C}$  であり、吸収された日射エネルギーが  $1.0 \text{ kW/m}^2$  における値である。

【0007】しかしながら、従来の太陽電池発電システムシミュレータには、上述した(1)式を用いて発電量のシミュレーションを行うとき、温度によっては計算結果が発散してしまい、太陽電池データベースにおける太陽電池モジュールの必要な部分の発電量の数値が得られないという欠点がある。また、従来の太陽電池発電システムシミュレータには、太陽電池モジュールの温度を、入射する日射エネルギーと、外気温度と、太陽電池モジュールに当たる風の風速により求めているが、太陽電池の発電電流により発生するジュー熱を考慮していないため、正確な太陽電池モジュールの温度に対応した発電量のシミュレーションが行えないという欠点がある。

【0008】したがって、従来の太陽電池発電システムシミュレータには、上述したように正確に演算された太陽電池モジュールの発電量の演算が行われないため、住宅や事業所等に設置する太陽電池発電システムの精度の高いシミュレーションが行えず、適切なシステム構成を得ることができないという問題がある。これにより、従来の太陽電池発電システムシミュレータには、シミュレーション結果において適切として設置された太陽電池発電システムが、設置して実際に運転した場合に、十分な発電能力が無い場合や、不必要に大きな発電能力を有する場合などが生じる問題がある。

【0009】本発明はこのような背景の下になされたも★50

\* 納された、太陽電池モジュール毎の太陽電池の出力容量と、インバータの負荷率に応じた変換効率とが、上記演算に用いられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の太陽電池発電システムシミュレータには、住宅や事業所などに設置するとき、太陽電池発電システムの発電容量を決定するために用いられる、上記太陽電池データベースに格納する太陽電池モジュールの発電量の計算を、図15に示す太陽電池の等価回路に基づく以下の(1)式により行っている。

$$\dots(1)$$

※接合が完全に形成されていない部分で流れる漏れ電流「 $(V+IR_s)/R_{sh}$ 」からなる。これらを等価回路で表すと、図11に示すように、光電流  $I_{ph}$  は電流源として、漏れ電流は動作電圧に比例するため漏れ抵抗  $R_{sh}$  として、ダイオード電流はダイオード  $d$  として、また太陽電池のモジュール抵抗や電極の抵抗の和を抵抗  $R_s$  として表す。

【0006】また、(1)式において、

$$\dots(2)$$

★ので、太陽電池発電システムの特性シミュレーションに対して、太陽電池（太陽電池モジュール）の発電量を発散せずに、正確な太陽電池モジュールの温度に基づくシミュレーションにより得られた、太陽電池モジュールの正確な発電量が格納された太陽電池データベースを用いることにより、実際の使用に即した太陽電池発電システムの予測発電量をシミュレーションすることができる太陽電池発電システムシミュレータを提供する。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の太陽電池発電システムシミュレータは、周囲の環境に対応した太陽電池発電システムの発電量を演算する太陽電池発電システムシミュレータにおいて、基準温度と評価したい日射エネルギーとに基づき、出力電圧毎に太陽電池の発電電流を演算する温度基準値演算手段（例えば、基準電流演算部4）と、評価したい周囲温度、太陽電池に当たる風の風速及び前記日射エネルギーにより太陽電池の温度を求める温度算出手段（例えば、吸収熱量演算部1、吸収率演算部2、温度補正部3）と、この温度に基づいて前記発電電流及び前記出力電圧を補正する発電量補正演算手段（例えば、発電量補正部5）と、前記太陽電池発電システムに用いるインバータの変換効率を、このインバータの種類毎に記憶するインバータデータベース（例えば、インバータデータベース7）と、前記補正された発電電流及び出力電圧と、インバータデータベースに記憶された前記変換効率とに基づいて、太陽電池発電システムの予測発電量を演算する発電量演算部（例えば、発電量演算部8）と、前記予測発電量を太陽電池の種類毎に対応

して記憶する発電量データベース（例えば、発電量データベース6）とを具備することを特徴とする。

【0011】本発明の太陽電池発電システムシミュレータは、前記温度算出手段が、前記周囲温度、前記風速及び入射エネルギーにより求められる太陽電池の温度を、太陽電池の発電電流により発生するジュール熱を用いて補正することを特徴とする。本発明の太陽電池発電システムシミュレータは、前記温度算出手段が、前記ジュール熱により補正した吸収率を用いて、前記日射エネルギーにより発生する熱量の演算を行うことを特徴とする。本発明の太陽電池発電システムシミュレータは、前記温度算出手段が、季節毎の平均的な周囲温度、風速及び入射エネルギーに基づき、季節毎に演算されることを特徴とする。

【0012】本発明の太陽電池発電システム発電量の演算方法は、周囲の環境に対応した太陽電池の発電量を演算する太陽電池発電量の演算方法であって、基準温度と評価したい日射エネルギーとにに基づき、出力電圧毎に太陽電池の発電電流を演算する温度基準値演算過程と、評価したい周囲温度、太陽電池に当たる風の風速及び前記日射エネルギーにより太陽電池の温度を求める温度算出過程と、この温度に基づいて前記発電電流及び前記出力電圧を補正する発電量補正演算過程と、前記太陽電池発電システムに用いるインバータの変換効率を、このインバータの種類毎にインバータデータベースへ記憶させる変換効率記憶過程と、前記補正された発電電流及び出力電圧と、インバータデータベースに記憶された前記変換効率とにに基づいて、太陽電池発電システムの予測発電量を演算する発電量演算過程と、太陽電池の種類毎に対応して、前記予測発電量を発電量データベースに記憶させる発電量記憶過程とを有することを特徴とする。

【0013】本発明の太陽電池発電システム発電量の演算方法は、前記温度算出過程において、前記周囲温度、前記風速及び入射エネルギーにより求められる太陽電池の温度を、太陽電池の発電電流により発生するジュール熱を用いて補正されることを特徴とする。

【0014】本発明の太陽電池発電システムの発電量演算プログラムは、上記太陽電池発電システムシミュレータを動作させ、太陽電池の発電量を演算する太陽電池発電システムの発電量演算プログラムであって、基準温度と評価したい日射エネルギーとにに基づき、出力電圧毎に太陽電池の発電電流を演算する温度基準値演算処理と、評価したい周囲温度、太陽電池に当たる風の風速及び前記日射エネルギーにより太陽電池の温度を求める温度算出処理と、この温度に基づいて前記発電電流及び前記出力電圧を補正する発電量補正演算処理と、前記太陽電池発電システムに用いるインバータの変換効率を、このインバータの種類毎にインバータデータベースへ記憶させる変換効率記憶処理と、前記補正された発電電流及び出力電圧と、インバータデータベースに記憶された前記変

換効率とにに基づいて、太陽電池発電システムの予測発電量を演算する発電量演算処理と、太陽電池の種類毎に対応して、前記予測発電量を発電量データベースに記憶させる発電量記憶処理とを有することを特徴とする。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図1は本発明の一実施形態による太陽電池発電システムシミュレータの構成を示すブロック図である。この図において、吸収熱量演算部1

10 は、吸収率演算部2から得られる単位面積当たりの吸収率に基づいて、入射エネルギーとして得られる日射エネルギーの吸収に対して、太陽電池の得る単位時間当たりの吸収熱量を演算する。また、吸収熱量演算部1は、太陽電池の発電電流と、太陽電池モジュールのモジュール抵抗とにに基づき、太陽電池において発生するジュール熱の計算を行う。

【0016】吸収率演算部2は、後に詳細に説明するが、上記吸収率を、太陽電池の発電電流に基づき生成されるジュール熱を考慮して演算する。すなわち、吸収率演算部2は、単位時間当たり（例えば、1時間毎）に測定される太陽電池の温度変化に対応する第1の熱量と、単位時間当たりに放射される第2の熱量との加算値から、単位時間当たりの前記ジュール熱の第3の熱量を減算した値を、単位時間当たりに入射される日射量で除算することにより、上記単位時間毎に、温度特性のシミュレーションに用いる上記吸収率の演算を行う。

【0017】温度補正部3は、外気と太陽電池との温度差により、太陽電池の放射する単位時間当たりに放射する放射熱量を演算する。また、温度補正部3は、上記吸収熱量から上記放射熱量を減算し、単位時間当たりの温度変化量（熱量の収支）を演算する。さらに、温度補正部3は、太陽電池の温度に前記温度変化量を加算し、単位時間当たりの太陽電池の温度推移を求める。

【0018】発電量データベース6には、複数の太陽電池の種類毎に対応して、各太陽電池の特性（太陽電池のモジュールの面積、重量、モジュール抵抗Rs、解放電圧、短絡電流、直列抵抗等）が記憶されている。すなわち、発電量データベース6には、太陽電池発電システムシミュレータで行われる（1）～（7）式において使用される各パラメータが記憶されている。また、発電量データベース6には、図2に示す発電量演算部8で計算される各時間毎の予測発電量と、その予測発電量における出力電圧とが、太陽電池発電システムに対応して、季節毎に記憶される。さらに、データベース6には、季節及び時間毎の統計的に求められた標準的な気象データ（標準気象データ）が記憶されている。ここで、標準気象データとは、春夏秋冬の特徴的な日（晴れの日、曇りの日、雨の日等）の外気の温度や、吹く風の風速等のデータ、時刻範囲毎の日射エネルギーのデータが格納されており、発電量のシミュレーションに用いられる。

【0019】基準電流演算部4は、(1)式により基準状態、すなわち太陽電池モジュールの温度が基準温度25°Cにおける、図3に示す電流値(発電電流の電流値)と電圧値(出力電圧の電圧値)との関係(I-Vカーブ)を算出する。例えば、基準電流演算部4は、日射エネルギーが1kW/m<sup>2</sup>のときの各温度における発電量を求める場合、評価したい日射エネルギーを1kW/m<sup>2</sup>とし、太陽電池温度を25°CとしてI-Vカーブを求める。

$$V_1 = V_2 - \beta (25 - T_1) - R_s (I_2 - I_1) - K \cdot I_2 (25 - T_1) \quad \cdots (3)$$

$$I_1 = I_2 - I_{sc} (1000 / E_1) - \alpha (25 - T_1) \quad \cdots (4)$$

ここで、T1は任意の温度、すなわち発電量を求めたい太陽電池モジュールの温度である。I1は任意の温度に対応する電流、すなわち求めたい温度に対応する発電電流である。I2は基準状態の電流、すなわち(1)式で求めた発電電流である。V1は任意の温度に対応する電圧、すなわち求めたい温度に対応する電圧である。V2は基準状態の電流に対応した電圧である。

【0022】また、 $\alpha$ は短絡電流の温度係数であり、 $\beta$ は開放電圧の温度係数であり、 $I_{sc}$ は短絡電流である。上記 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $I_{sc}$ は、太陽電池毎のカタログに記載されている数値である。上述したように、発電量補正部5は、基準上記(3)及び(4)式を用いて、図3の標準状態のI-Vカーブから、求めたい温度における発電電流と、電圧との関係を演算し、同様に、図3に示す任意状態(求めたい温度における)のI-Vカーブを生成して出力する。

【0023】発電量演算部8は、発電量補正部5の出力する、季節及び時間毎のI-Vカーブから最大出力点を求め、この最大出力点における発電量と、インバータデータベース7に記憶されている変換効率とを、各々使用する太陽電池モジュールの発電量及びインバータの変換効率に基づき、太陽電池発電システムの季節及び時間毎の予測発電量を演算する。インバータデータベース7には、図4に示すテーブルの形式において、太陽電池発電システムに用いられるインバータの種類毎に、インバータの直流から交流への変換効率が格納されている。

【0024】次に、図1及び図5を参照して、一実施形態による太陽電池発電システムシミュレータの動作例を説明する。図5は、太陽電池モジュールの温度の計算の概要を示す概念図である。図示しない端末から、太陽電池発電システムシミュレータを構成する太陽電池モジュールMの種類と、この太陽電池モジュールMの数、及び使用されるインバータの種類が、利用者により入力される。そして、太陽電池発電システムシミュレータは、第1段階として、各太陽電池モジュールの発電量を、シミュレーションによる演算を行う。この発電量は、季節及び時間毎にシミュレーションされて出力される。次に、太陽電池発電システムシミュレータは、第2段階として、太陽電池発電システムに用いられている太陽電池モ

$$q_c = \alpha_c \cdot (\theta - \theta_f)$$

\* 【0020】すなわち、基準電流演算部4は、上述した基準状態において、電圧値毎の発電電流Iを算出する。このとき、日射エネルギーは、発電量のシミュレーションを行う季節の標準的な日に対応して、データベース6に蓄積されている値を用いる。

【0021】発電量補正部5は、以下(3)及び(4)式を用いて、上記IVカーブにおける発電電流と電圧とを、シミュレーションを行う温度に対応して補正する。

$$\cdots (3)$$

$$\cdots (4)$$

※ モジュールの総発電量を求め、この総発電量に使用されるインバータの変換効率を乗じることにより、利用者により指定された太陽電池発電システムの予測発電量を求める。

【0025】以下、太陽電池発電システムシミュレータが行う第1段階における発電量のシミュレーションの説明を行う。基本的な動作としては、まず、図6に示すように、太陽電池温発電システムシミュレータが、日の出前の太陽電池温度に対して、日の出からある時刻までの温度変化量を加算することにより、上記時刻における太陽電池温度を求めている。ここで、図7にあるように、温度変化量( $\Delta t$ )は、時刻t<sub>1</sub>から時刻t<sub>2</sub>までの、吸収される熱量と放射される熱量との収支(熱量の収支)で決定される。また、日の出前の温度は、図7に示すように、外気温(外気の温度)との熱の交換のみであるため、外気温と同様と仮定している。

【0026】従来は、すでに説明したように、図7における温度変化量( $\Delta t$ )を求める場合、図5に示す1秒間(単位時間)の温度変化量として、②及び③の項目、すなわち、「日射エネルギーの吸収による1秒間の熱量」と「外気の温度差や周囲の風による1秒間の放熱量」との収支として考慮していた。しかしながら、一実施形態の太陽電池発電システムシミュレータでは、①の項目として、太陽電池モジュールMにおける「発電電流(I)によりモジュール抵抗から発生するジュール熱」による熱量を考慮している。

【0027】ここで、項目②の日射量(日射エネルギー)の吸収による発熱としての熱量は、日射エネルギーのうち特に長波長成分を熱として吸収され発生する。そして、吸収熱量演算部1は、入射される入射日射量に吸収率を乗じて、日射エネルギーにより発生する熱量を算出する。また、項目③の外気との温度差や周囲の風による放射される熱量は、放射熱量演算部3において、以下の式により算出される。すなわち、熱量が項目③の外気との温度差や周囲の風による放射される項は、強制対流熱伝達によるものであり、空気中へ放射される放射熱量は、ニュートンの冷却則として、下記の(5)式で表される。

【0028】放射熱量を $q_c$ とすると、  
…(5)

9

$$\begin{aligned}\alpha_c &= 5.8 + 3.9v \quad (v \leq 5 \text{ m/s}) \\ \alpha_c &= 7.1v^{0.78} \quad (v > 5 \text{ m/s})\end{aligned}$$

と表される。ここで、 $\theta_f$ : 外気温度(°C),  $\theta$ : 太陽電池温度(°C),  $v$ : 風速(m/s),  $\alpha_c$ : 強制対流熱伝達率(ユルゲスの実験による式)

【0029】さらに、太陽電池モジュールMにおける「発電電流(I)」によりモジュール抵抗から発生する「ジュール熱」による熱量は、モジュール抵抗の抵抗値Rsと、発電電流Iの2乗とによる「 $Rs \cdot I^2$ 」に基づき求められる。従来例においては、上述したジュール熱の発熱による熱量を、太陽電池温度の変化において考慮せずに、このジュール熱による熱量を日射エネルギーにより発生する熱量に含めて、太陽電池の吸収率を求めていたため、太陽電池の温度変化のシミュレーション値に大きな誤差が発生すると考えられる。

【0030】すなわち、図8に示すように、1秒間の太陽電池の熱量の変化(左辺)は、1秒間の太陽電池の変化した温度に太陽電池モジュールの比熱を乗じることで求まる。そして、図8の右辺において、第1項が①上述したジュール損失(ジュール熱の発生)により1秒間に発生する熱量であり、第2項が②入射日射量(入射エネ\*

$$\epsilon(\omega) = ((5.8 + 3.9v(t))(\theta(t) - \theta_f(t)) - I(t) \cdot Rs^2 + C(\theta(t) - \theta(t-1))) / It(t)$$

【0033】ここで、上述の式は風速vが5m/s以下の場合に適用される。風速が5m/sを超える場合、左辺の分子の第1項を(5)式に合わせて変更する必要がある。(6)式において、 $\epsilon(\omega)$ が吸収率であり、 $It(t)$ が日射強度(入射日射量)であり、 $\theta_f(t)$ が外気温であり、 $\theta(t)$ が太陽電池モジュールの温度であり、 $v(t)$ が風速であり、 $I(t)$ が太陽電池モジュールMの発電電流であり、tが時刻であり、Rsが太陽電池モジュールのモジュール抵抗である。

【0034】吸収率演算部2で用いられる、吸収率 $\epsilon(\omega)$ を求める(6)式の各数値は、図10に示す測定装置により、所定の時間毎(例えば、1秒単位)に測定される。図10において、測定器50は、各時刻毎に、風速計20により出力される風速 $v(t)$ の値を測定し、日射計21により出力される受光面日射量 $It(t)$ の値の測定し、熱電対24により外気温 $\theta_f(t)$ を測定し、熱電対25により太陽電池モジュールの温度 $\theta(t)$ の値を測定し、電流測定用シャント抵抗により発電電流 $I(t)$ を測定し、これらの測定された各値を吸収率演算部2へ出力する。

【0035】ここで、電子負荷26は、太陽電池モジュールMの発電電力が、常にその時点での最大値(最大出力点)となるように、太陽電池モジュールMの出力電圧を調整するため、内部の抵抗値の制御を行う。そして、吸収率演算部2は、得られた受光面日射量 $It(t)$ 、風速 $v(t)$ 、外気温 $\theta_f(t)$ 、太陽電池モジュールの温度

10

\*ルギー)に吸収率を乗じた、日射エネルギーの吸収により1秒間に発生する熱量であり、第3項が③外気との温度差や周囲の風により1秒間に放熱する熱量である。

【0031】したがって、ジュール損失を考慮した吸収率を求める場合、図9に示す式の構成となる。そして、吸収率演算部2は、図9の式に対応した演算を行い、太陽電池モジュールの吸収率を求める。すなわち、吸収率は、吸収率演算部2において、1秒間の太陽電池の変化した温度に太陽電池モジュールの比熱を乗じて得られた熱量と、上記③の熱量とを加えた値から①のジュール損失による熱量を減算し、この減算結果を1秒間の入射日射量で除算して得ることができる。

【0032】このように、1度、吸収率演算部2により、各太陽電池モジュール毎の熱吸収率を求めることで、以後、太陽電池モジュールの温度特性のシミュレーションを正確に行なうことが可能となる。吸収率演算部2で用いる正確な吸収率算出の式は、以下に示す(6)式となる

…(6)

\* $\theta(t)$ 、発電電流 $I(t)$ (発電電流I)に基づき、(2)式により吸収率 $\epsilon(\omega)$ を求める。

【0036】ここで、吸収率演算部2は、図11に示すように、各時刻毎に測定された吸収率の平均値を求め、この平均値を最終的な吸収率 $\epsilon(\omega)$ として、吸収熱量演算部1へ出力する。このとき、吸収熱量演算部1は、吸収率演算部2から入力される吸収率 $\epsilon(\omega)$ を、各太陽電池モジュールに対応させて、データベース6へ格納する。

【0037】次に、吸収熱量演算部1は、太陽電池モジュールに吸収される熱量をシミュレーションにより求めると、対応する太陽電池モジュールの吸収率 $\epsilon(\omega)$ を、データベース6から読み出し、読み出した吸収率 $\epsilon(\omega)$ を用いてシミュレーションを開始する。このとき、吸収熱量演算部1は、データベース6に、シミュレーションを行う季節の平均的な1日の所定の時間範囲毎(例えば、午前7時～午前8時、午前8時～午前9時、…等の1時間毎)に設定された日射量 $It(t)$ を読み出し、この日射量 $It(t)$ に吸収率 $\epsilon(\omega)$ を乗じ、各時刻毎(例えば、計算の時間単位である1秒ごとの時刻、午前8時10分1秒の後は午前8時10分2秒等)の日射エネルギーによる熱量を演算する。

【0038】また、吸収熱量演算部1は、「 $I(t)^2 \cdot R_s(t)$ 」の式からジュール熱を求める。ここで、吸収熱量演算部1は、シミュレーションの開始時点において、日の出前の太陽電池モジュールの温度に対応した発電電流

※50

11

$I(t)$ をデータベース6から読み出し、この発電電流 $I(t)$ を初期値としてジュール熱を求める。以降、吸収熱量演算部1は、温度演算部5において、シミュレーションから得られた温度に基づき演算される時間範囲毎の発電電流 $I(t)$ により、時刻毎のジュール熱を求める。

【0039】このとき、発電量補正部5は、上述した(1)、(3)、(4)式により、太陽電池モジュールの温度に依存した発電電流 $I(t)$ (発電電流 $I$ )を求める。また、温度補正部3は、データベース6に、シミュレーションを行う季節の平均的な1日の所定の時間範囲毎(例えば、1時間毎)に設定された外気温 $\theta f(t)$ 及び風速 $v(t)$ を用い、(5)式により放射熱量 $qc$ を演算する。

【0040】そして、温度補正部3は、所定の時刻毎\*

$$C(\theta(t) - \theta(t-1)) = \int [e(\omega)It(t) + I(t)^2Rs(t) - \alpha c(\theta - \theta f)]dt \quad \dots(7)$$

ここで、 $C$ は比熱である。これにより、温度演算部5は、時刻毎に入力される熱量変化を時刻範囲毎に積分して、時間範囲毎の温度変化量 $\Delta T$ (すなわち、 $(\theta(t) - \theta(t-1))$ )を、左辺を比熱 $C$ で除算することにより求める。そして、温度演算部5は、求めた温度変化量 $\Delta T$ を、順次、直前の時間範囲の温度に加えていくことにより、各時間範囲毎の太陽電池モジュールの温度を演算する。

【0042】ここで、本願発明の太陽電池発電システムシミュレータにおける温度演算部5は、ジュール熱を考慮した状態で、太陽電池モジュールの日射エネルギーの吸収率を求め、ジュール熱自体も吸収熱量に対する補正として考慮に入れたため、季節と天候とに対応した状態での温度変化を図12に示すように、図10の測定計により、実際に測定した太陽電池モジュールの温度とほぼ同様な温度変化的特性として得ることができる。

【0043】そして、発電量補正部5は、基準電流演算部4が(1)式に基づき算出した基準の発電電流 $I$ に対して、日の出後の時刻範囲から、温度補正部3の求めた各時間範囲毎の温度を任意の温度 $T1$ として、(3)、(4)式に用いて発電電流及び出力電圧の補正を行うことにより、各時刻における太陽電池モジュールMの発電量(すなわち、電力であり、発電電流 $I$ 及びそのときの出力電圧の電圧値の積)の計算を行う。そして、温度補正部3は、順次、発電量補正部5の演算した上記発電電流 $I$ に基づき吸収熱量演算部1の求めるジュール熱と、日射エネルギーによる吸収熱量との加算値から、放射熱量を差し引いて、各対応する時刻範囲の太陽電池モジュールMの温度を上述のように算出する。

【0044】すなわち、本願発明の太陽電池発電量シミュレータにおいて、温度補正部3と発電量補正部5とは、互いに求めた現在の時刻範囲の太陽電池モジュールの温度、太陽電池モジュールの発電電流 $I$ とを、相互にフィードバックを掛けることにより、次の時刻範囲の太陽電池モジュールMの温度、太陽電池モジュールMの発電量 $I$ を算出する。

12

\* (例えば、1秒単位)に、発電量補正部5により求められた発電電流 $I$ に基づき、吸収熱量演算部1により演算される上記吸収熱量「 $e(\omega) \cdot It(t)$ 」及びジュール熱「 $I(t)^2 \cdot Rs(t)$ 」を加算した結果から、放射熱量 $qc$ を減算して、この結果である、熱量収支を温度演算部5へ出力する。そして、温度演算部5は、入力される上記熱量収支を、上記時間範囲毎に積分して、太陽電池モジュールの時間範囲毎における熱量の変化「 $C(\theta(t) - \theta(t-1))$ 」を求める。

【0041】すなわち、温度演算部5は、吸収熱量演算部1、放射熱量演算部3、温度変化演算部4の演算結果に基づき、以下の(7)式の演算を行う。

$$C(\theta(t) - \theta(t-1)) = \int [e(\omega)It(t) + I(t)^2Rs(t) - \alpha c(\theta - \theta f)]dt \quad \dots(7)$$

※電流量を、順次、演算している。そして、得られたI-Vカーブ値の検証として、温度補正部3の演算した発電電流及び出力電流に基づくI-Vカーブと、図10に示す実験系により、実測により得られたI-Vカーブとの比較を行い、結果として、図13に示すように、演算値と測定値との誤差は3%以内であった。

【0045】次に、太陽電池発電システムシミュレータが行う第2段階における予測発電量のシミュレーションの説明を行う。発電量演算部8は、図14のように、発電量補正部5から順次出力される発電量のデータ、すなわち発電量を示すI-Vカーブから太陽電池モジュールMの最大出力点(太陽電池モジュールMの出力する電力の最大値)を求める。次に、発電量演算部8は、指定されたインバータの変換率のデータを、インバータデータベース7から読み出し、この変換率のデータと上記最大出力点における発電量(電力)との乗算を行い、これに太陽電池モジュールの数を乗算することにより、太陽電池発電システムの、季節毎、及び時間毎の予測発電量を演算する。

【0046】そして、発電量演算部8は、上述したフローにより得られた予測発電量を、図3に示す形式のテーブルで発電量データベース6に、太陽電池発電システムの種類に対応させて、季節毎、及び時間毎に順次格納する。次に、発電量演算部8は、利用者が端末から要求する太陽電池発電システムに対応する図3のテーブルを図示しない表示部に表示する。利用者は、上記表示部に表示された予測発電量により、指定した太陽電池発電システムが、設置する住宅または事業所などで使用する電力に対して、適切か否かの判断を行う。これにより、利用者は、この予測発電量の数値に対応して、使用する電力が不適当な場合、設置する地域に応じて、季節及び時間毎の上記予測発電量を参考にして、他の種類の太陽電池発電システムを選択して、上述した太陽電池発電システムの予測発電量のシミュレーションを再度行う。

【0047】そして、本願発明の対応電池発電量シミュ

13

レータを用いることにより、太陽電池モジュールの温度変化を、時刻毎に正確に算出することができるため、太陽電池モジュールの発電量のシミュレーションを正確に行うことが出来る効果がある。すなわち、本願発明の太陽電池発電量シミュレータは、季節と天候とに対応した状態での太陽電池モジュールの温度変化を演算し、これにより求まる各時刻範囲の太陽電池モジュールMの温度に基づき、各時刻の発電電流Iを(3)、(4)式(温度による補正式)により正確に求め、かつ、この発電電流Iに対応して太陽電池モジュールMの温度が正確に算出されるため、この得られた太陽電池モジュールの温度を、次の時刻範囲において(3)、(4)式の任意の温度T1として代入することにより、順次、正確な発電量を計算することが可能となる。

【0048】本願発明の太陽電池発電量シミュレータを用いることにより、発電量演算部8が、指定されたインバータの変換率のデータを、インバータデータベース7から読み出し、この変換率のデータと、発電量補正部5の出力する発電量から最大出力点における電力との乗算を行い、これに太陽電池モジュールの数を乗算することにより、太陽電池発電システムの、季節毎、及び時間毎の予測発電量を演算することができるため、従来例のように、正確に演算された太陽電池モジュールの発電量が得られないため、住宅や事業所等に設置する太陽電池発電システムの精度の高いシミュレーションが行えないということが無くなり、設置する住宅や事業所のある地域、設置する場所、季節及び時間毎に適切な太陽電池発電システム構成を得ることができ、設置された太陽電池発電システムが、設置して実際に運転した場合に、十分な発電能力が無い場合や、不必要に大きな発電能力を有する場合などの発生を防止させる効果がある。

【0049】次に、本発明の実施の形態によるコンピュータが実行するためのプログラムについて説明する。図1における太陽電池モジュールの温度特性をシミュレーションする太陽電池温度特性シミュレータにおけるコンピュータシステムのCPUが実行するためのプログラムは、本発明によるプログラムを構成する。

【0050】このプログラムを格納するための記録媒体としては、光磁気ディスク、光ディスク、半導体メモリ、磁気記録媒体等を用いることができ、これらをROM、RAM、CD-ROM、フレキシブルディスク、メモリカード等に構成して用いてよい。

【0051】また上記記録媒体は、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部のRAM等の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持するものも含まれる。

【0052】また上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから伝送媒体を介して、あるいは伝送媒体中の伝送波により他のコ

14

ンピュータシステムに伝送されるものであってもよい。上記伝送媒体とは、インターネット等のネットワーク(通信網)や電話回線等の通信回線(通信線)のように情報を伝送する機能を有する媒体をいうものとする。

【0053】また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためであってもよい。さらに、前述した機能をコンピュータシステムに既に記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル(差分プログラム)であってもよい。

【0054】従って、このプログラムを図1のシステム又は装置とは異なるシステム又は装置において用い、そのシステム又は装置のコンピュータがこのプログラムを実行することによっても、上記実施の形態で説明した機能及び効果と同等の機能及び効果を得ることができ、本発明の目的を達成することができる。

【0055】以上、本発明の一実施形態を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等があっても本発明に含まれる。

20 【0056】

【発明の効果】本願発明の太陽電池発電システムシミュレータによれば、ジュール熱を考慮した状態で、太陽電池モジュールの日射エネルギーの吸収率を求め、この吸収率に基づき吸収熱量を求め、かつ太陽電池モジュールの発熱するジュール熱自体も吸収熱量に対する補正として考慮に入れたため、季節と天候とに対応した状態での温度変化を図10に示すように、実際に測定した温度とほぼ同様な温度変化の特性として得ることができる。

【0057】また、本願発明の太陽電池発電システムシミュレータによれば、季節と天候とに対応した状態での太陽電池モジュールの温度変化を演算し、これにより求まる各時刻範囲の太陽電池モジュールMの温度に基づき、各時刻の発電電流Iを(3)、(4)式(温度による補正式)により正確に求め、かつ、この発電電流Iに対応して太陽電池モジュールMの温度が正確に算出されるため、この得られた太陽電池モジュールの温度を、次の時刻範囲において(3)、(4)式の任意の温度T1として代入することにより、順次、正確な発電量を計算することが可能となる。

【0058】さらに、本願発明の太陽電池発電量シミュレータによれば、発電量演算部が、指定されたインバータの変換率のデータを、インバータデータベースから読み出し、この変換率のデータと、発電量補正演算手段の出力する発電量から最大出力点における電力との乗算を行い、これに太陽電池モジュールの数を乗算することにより、太陽電池発電システムの、季節毎、及び時間毎の予測発電量を演算することができるため、従来例のように、正確に演算された太陽電池モジュールの発電量が得られないため、住宅や事業所等に設置する太陽電池発電システムの精度の高いシミュレーションが行えないとい

15

うことが無くなり、設置する住宅や事業所のある地域、設置する場所、季節及び時間毎に適切な太陽電池発電システム構成を得ることができ、設置された太陽電池発電システムが、設置して実際に運転した場合に、十分な発電能力が無い場合や、不必要に大きな発電能力を有する場合などの発生を防止させる効果がある。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態による太陽電池発電量シミュレータの構成を示すブロック図である。

【図2】 予測発電量と、この予測発電量時の出力電圧との関係を示す、発電量データベース6に記憶されているテーブルの形式を示す図である。

【図3】 太陽電池発電量シミュレータの算出するI-Vカーブを示す図である（横軸：太陽電池の出力電圧値V、縦軸：太陽電池の発電電流I）。

【図4】 インバータの種類と、その変換効率との関係を示す、インバータデータベース7に記憶されたテーブルの形式を示す図である。

【図5】 太陽電池モジュールにおける1秒間における温度変化量の概念を示す図である。

【図6】 太陽電池モジュールの温度の計算の概要を示す概念図である。

【図7】 太陽電池モジュールの温度の時刻変化を示す概念図である。

【図8】 太陽電池モジュールに入射する日射エネルギーの吸収率を求める式の概念を示す図である。

【図9】 太陽電池モジュールに入射する日射エネルギーの吸収率を求める式の概念を示す図である。

【図10】 太陽電池モジュールに入射する日射エネルギーの吸収率を求めるために必要なデータの測定を行う測定系の構成を説明する概念図である。

10 16 【図11】 図1における吸収率演算部2の求めた各時刻毎の吸収率を示す図である。

【図12】 本願発明の太陽電池発電システムシミュレータの計算結果によるI-V特性と、実測した太陽電池モジュールMのI-V特性とを比較した図である。

【図13】 本願発明の太陽電池温度特性シミュレータの計算結果による時刻毎の温度変化と、実測した太陽電池モジュールの時刻毎の温度変化とを比較した図である。

【図14】 発電量補正部5の演算するI（発電電流）-V（出力電圧）カーブと、I（発電電流）-P（電力）カーブとの関係を示す図である。

【図15】 (1)式の基本となる太陽電池の等価回路を示す図である。

## 【符号の説明】

1 吸収熱量演算部

2 吸収率演算部

3 温度補正部

4 基準電流演算部

5 発電量補正部

6 発電量データベース

7 インバータデータベース

8 発電量演算部

20 風速計

21 日射計

22 太陽電池受光面

23 電流測定用シャント抵抗

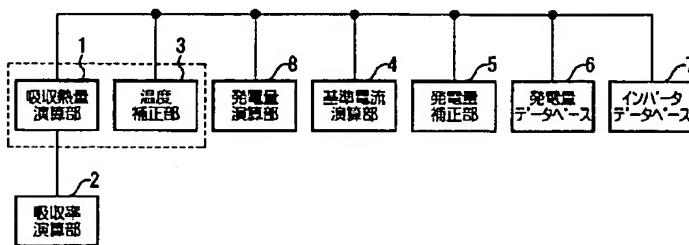
24, 25 熱電対

26 電子負荷

30 50 測定器

M 太陽電池モジュール

【図1】



【図2】

方位	燃料	月	日	要素	時刻		
					6時	7時	8時
南	10°	1	1	太陽電池出力[W]	25	35	60
南	10°	1	1	太陽電池電圧[V]	18	18	18
南	10°	1	2	太陽電池出力[W]	25	35	60
南	10°	1	2	太陽電池電圧[V]	18	18	18

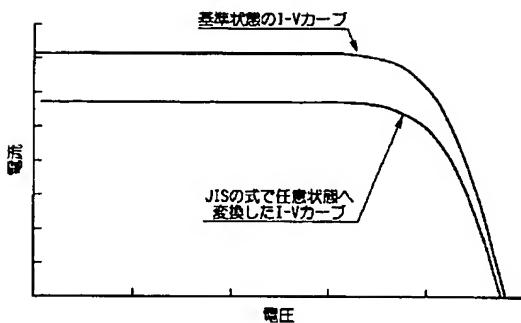
太陽電池出力はモジュール1枚あたりの出力電力

【図4】

品名	容量	負荷率					
		1%	2%	3%	4%	5%	6%
PV-10-1-INV	10[kW]	1	2	5	10	15	20
PV-20-1-INV	20[kW]	1	2	5	10	15	20
PV-30-1-INV	30[kW]	1	2	5	10	15	20

→ 変換効率[%]

【図3】

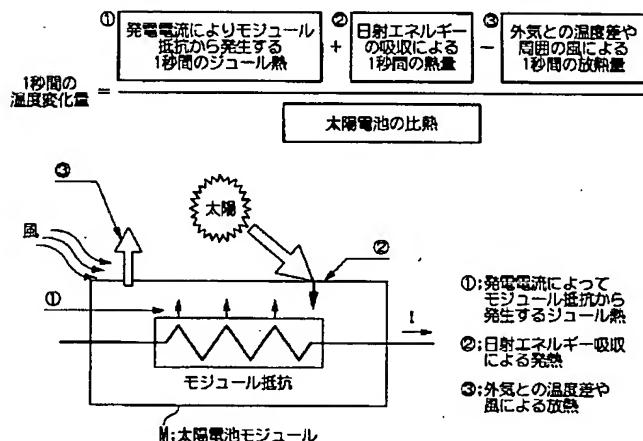


【図6】

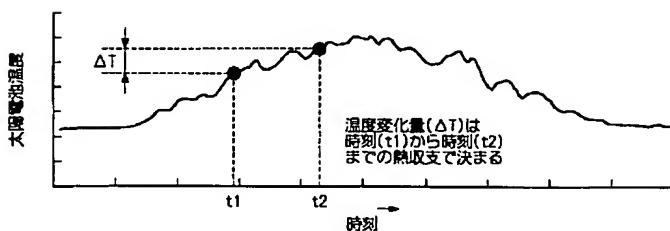
$$\text{ある時刻における太陽電池温度} = \frac{\text{日の出前の太陽電池温度}*}{\text{日の出からある時刻までの温度変化量}}$$

\*日の出前の太陽電池温度は外気温度と同じと考える

【図5】



【図7】



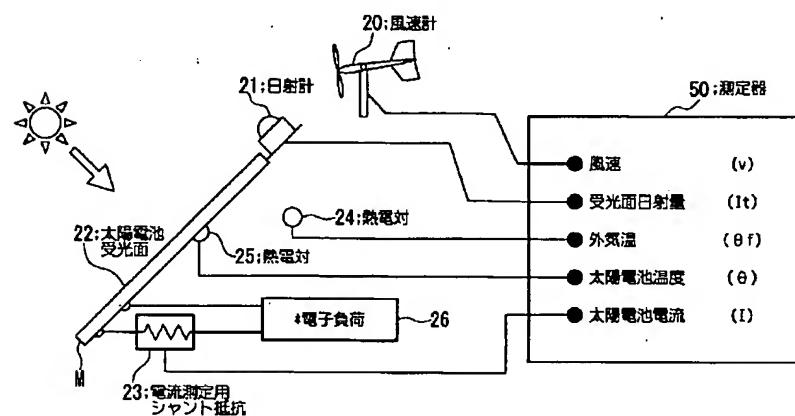
【図8】

$$\frac{1\text{秒間の太陽電池温度変化} \times \text{比熱}}{\text{入射日射量} \times \text{吸収率}} = \frac{\text{ジューク損失により1秒間に発生する熱量}}{\left[ \frac{\text{日射の吸収により1秒間に発生する熱量}}{\text{外気との温度差や周囲の風により1秒間に放熱する熱量}} \right]} -$$

【図9】

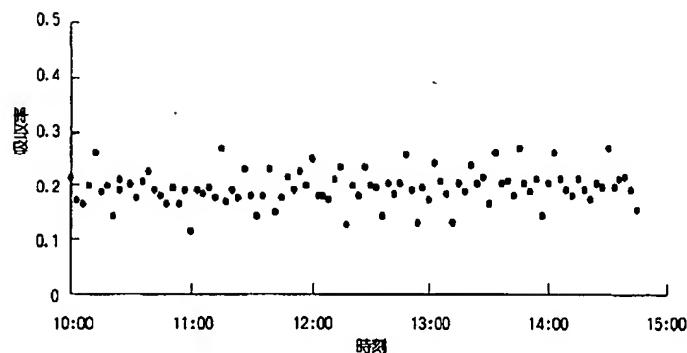
$$\text{吸収率} = \frac{\text{外気との温度差や周囲の風により1秒間に放熱する热量} - \text{ジュー損失により1秒間に発生する热量} + \text{1秒間の太陽電池温度変化}\times\text{比熱}}{\text{1秒間の入射日射量}}$$

【図10】

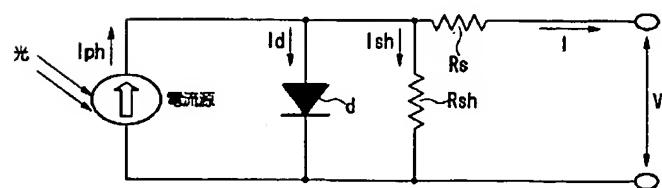


\*電子負荷により常時最大出力点を追従し測定する

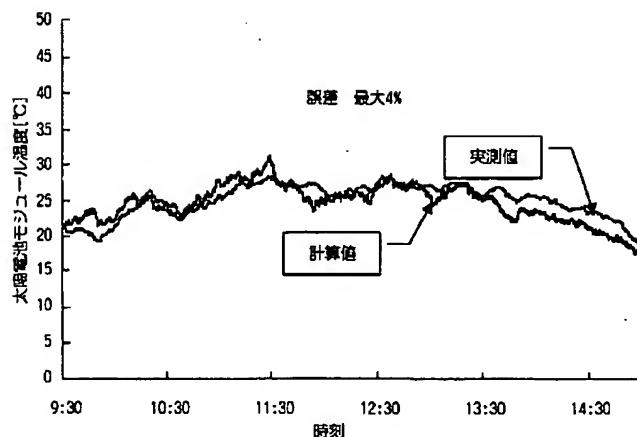
【図11】



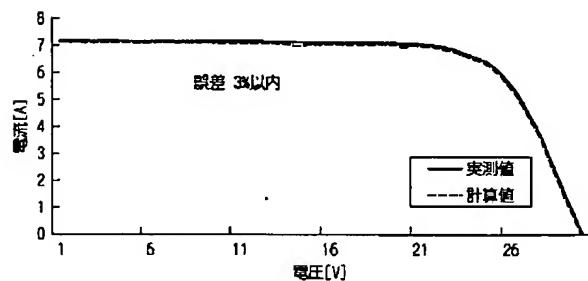
【図15】



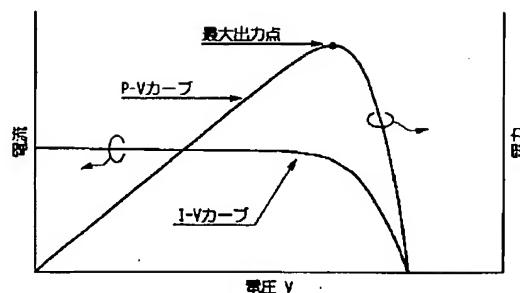
【図12】



【図13】



【図14】




---

フロントページの続き

(72)発明者 室山 誠一  
東京都港区芝浦三丁目4番1号 株式会社  
エヌ・ティ・ティファシリティーズ内

F ターム(参考) 5F051 JA20 KA03 KA04 KA09 KA10  
5H420 BB14 CC03 DD03 EB13 EB25  
KK10